

**EXTREMOS DE MARÉ BAIXA DURANTE O INVERNO DO HEMISFÉRIO SUL E  
INFLUÊNCIA NOS ORGANISMOS DOS ENTREMARÉS ROCHOSOS DO LITORAL DE  
SÃO PAULO**

*LOW TIDE EXTREMES DURING THE SOUTH HEMISPHERE WINTER AND INFLUENCE  
ON ROCKY INTERTIDAL ORGANISMS OF SÃO PAULO COAST*

**Tatiany Marinho Vasconcelos (orientada), Gyrlene Aparecida Mendes da Silva  
(orientadora)<sup>1</sup>, Amanda Alves Gomes (coorientadora)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto do Mar/Universidade Federal de São Paulo - Campus Baixada Santista  
Rua Dr. Carvalho de Mendonça, 144 - Vila Belmiro, Santos – SP, Brasil. CEP 11070-102

[tatianymarinho.v@gmail.com](mailto:tatianymarinho.v@gmail.com)<sup>1</sup>, [gyrlene@gmail.com](mailto:gyrlene@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Departamento de Oceanografia Biológica/Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo,  
São Paulo - SP - Brasil

**RESUMO**

Oscilações do nível do mar são constantemente influenciadas por forçantes meteorológicas. Durante o inverno do Hemisfério Sul essas oscilações são mais intensas no litoral Sudeste do Brasil, favorecendo eventos extremos de maré baixa. Este estudo identificou os extremos de maré baixa durante o inverno de 2014-2016 em Cananéia, litoral do Estado de São Paulo/SP-Brasil, e os associou a circulação atmosférica de macroescala do Oceano Atlântico Sul. As composições da média de variáveis meteo-oceanográficas dias antes e durante dos eventos extremos selecionados mostrou a atuação de um anticiclone transiente que foi modulado pela circulação atmosférica em altos níveis e que modificou a direção e velocidade do vento sobre a região de estudo. O estudo também investigou a relação entre esses extremos e a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) do mexilhão *Perna perna* no Costão do Marujá, em Cananéia/SP. A persistência durante horas consecutivas desses

extremos influenciou a abundância do mexilhão. As séries temporais mensais do nível do mar e da CPUE durante o inverno de 2014-2016 apresentaram correlação negativa e moderada, indicando que 28% da variabilidade atividade de extrativismo do mexilhão foi explicada pela variabilidade do nível do mar na região de estudo e interpretações sobre essa relação são sugeridas.

**Palavras chave:** nível do mar, extremo de maré baixa, Cananéia, costão rochoso, *Perna-Perna*.

## ABSTRACT

Sea level oscillations are constantly influenced by atmospheric forcings. During the Southern Hemisphere winter these oscillations are more intense on the southeastern coast of Brazil, favoring extreme low tide events. This study identified the low tide extremes during the winter of 2014-2016 over the Cananéia region, on the coast of São Paulo/Brazil, and associated these events with the macroscale atmospheric circulation that occurred in the South Atlantic Ocean. The mean composites of the meteo-oceanographic variables on days before and during the occurrence these events showed a transient anticyclone that was modulated by atmospheric circulation at high levels that changed the direction and wind speed over the region. In order the study investigated the relationship among the selected events and the Catch Per Unit Effort (CPUE) of the *Perna Perna* costal mussel of Marujá in Cananéia-SP. The persistence during consecutive hours of these extremes influenced the mussel abundance. The monthly temporal series of the sea level and the CPUE showed a negative and moderated correlation that indicates that 28% of the variability of mussel extractivism activity was explained by the sea level variability in the study region and interpretations on this relationship are suggested.

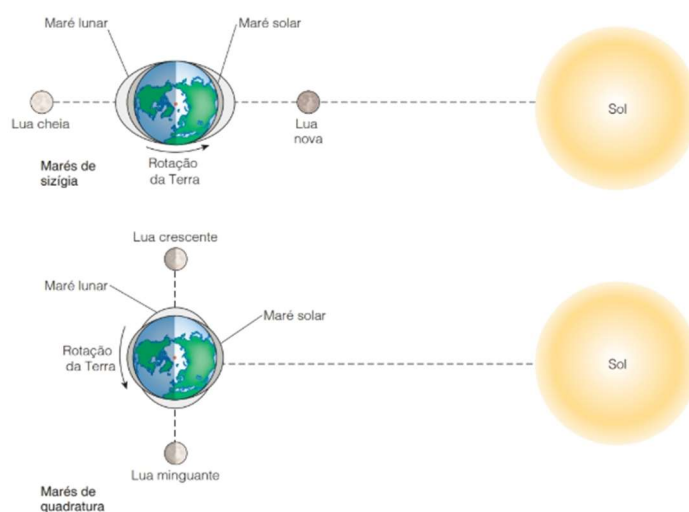
**Keywords:** sea level, low tide extreme, Cananéia, rocky shore, *Perna Perna*.

## INTRODUÇÃO

A altitude relativa da superfície do mar, ou nível do mar, corresponde à variação de condições geofísicas e oceânicas. Essa variação está associada, por exemplo, com as diferenças equipotenciais no campo gravitacional terrestre sobre a superfície, devido ao formato geoide da Terra, permitindo a maior ou menor altitude da superfície oceânica em diferentes regiões do Planeta (Suguio, 2018).

As marés são oscilações periódicas do nível do mar observadas pelo movimento de avanço e escoamento do oceano sobre a costa, causadas pela atração gravitacional entre o sistema Terra-Lua-Sol. Essa atração reflete no movimento rotacional do Planeta e é mais intensa entre a Terra e a Lua por serem mais próximos. A força de atração gravitacional do Sol sobre a Terra age da mesma forma que a da Lua, porém, atua na Terra com menor intensidade devido a maior distância entre os corpos. Essa interação gravitacional e inercial do Sol e da Terra faz com que as marés sejam atraídas conforme a passagem do Sol ao longo do dia (Garrison, 2016).

A força gravitacional entre o sistema Terra-Lua-Sol atua sobre a Terra causando a expansão da superfície exposta diretamente a Lua ou ao Sol e a contração da superfície oposta aos astros. Essa diferença, em resposta a atração lunar, e o movimento de rotação da Terra provocam oscilações na superfície oceânica em períodos próximos a 12 e 24 horas, a amplitude dessas oscilações são compreendidas pelos posicionamentos da Lua em relação ao Sol e a Terra (Lisitzin, 1974).



**Figura 1.** Ilustração demonstrando a interação gravitacional do sistema Terra-Lua-Sol (Garrison, 2016).

Quando esse sistema se encontra alinhado o efeito das marés por ambas as forças de atração com o Sol e com a Lua são somadas e surgem as marés altas mais altas e as baixas mais baixas, chamadas de marés de sizígia. Já quando o sistema se dispõe formando um ângulo reto, o efeito das forças de atração resulta em marés altas mais baixas e baixas mais altas, chamadas de marés de quadratura (Figura 1) (Garrison, 2016).

A Terra, além da interação gravitacional, recebe energia do Sol em forma de calor. Seu movimento de translação ao redor do Sol ocorre em um plano eclíptico e seu eixo de rotação se encontra inclinado  $23,5^\circ$  à vertical do plano. Esse movimento translação e inclinação da Terra são responsáveis pelas estações do ano, já o movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo resulta na sucessão dos dias e noites, assim, o Planeta está sempre variando sua temperatura (Ynoue et al., 2017). O princípio dessa variação de aquecimento contribui, ao longo do ano, com maior absorção de energia solar próximo ao equador e menor na região dos polos (Garrison, 2016).

O movimento de rotação da Terra também gera uma deflexão no curso de qualquer movimento oceânico ou atmosférico pela influência da Força de Coriolis. Esse desvio aparente ocorre em sentido anti-horário no Hemisfério Sul e horário no Hemisfério Norte, no Equador seu efeito é quase nulo, porém aumenta com a latitude e é proporcional à velocidade do vento (Youné et al., 2017).

A distribuição desigual de aquecimento da Terra induz correntes que forcem o deslocamento de massas de ar mais quentes e úmidas (tropicais) para os polos e massas de ar mais frias e secas (polares) para a região equatorial, na tentativa de manter o equilíbrio térmico da Terra. Esses movimentos atmosféricos são influenciados pelo efeito de Coriolis e deslocam campos de pressão atmosférica em latitudes, também mudam a direção e intensidade do vento, formando a circulação geral da atmosfera e os fenômenos meteorológicos (Ynoue et al., 2017).

A circulação geral da atmosfera é composta por células de circulações no plano vertical e horizontal. As circulações oceânicas superficiais de grande escala também ocorrem em função do balanço energético da Terra e todos esses sistemas se interagem, uma vez que, movimentos atmosféricos são capazes de forçar o fluido oceânico pelo escoamento do vento sobre a superfície

oceânica.

As correntes oceânicas superficiais são os fluxos de água que se estendem até 400 metros de profundidade, aproximadamente, e seu principal fator de turbulência é a fricção com o vento influenciado pela Força de Coriolis. No Hemisfério Sul, o efeito de Coriolis desloca as correntes oceânicas superficiais, aproximadamente, 45° à esquerda da direção do vento predominante à depender da velocidade do ar, latitude, massa e a quantidade de atrito (Garrison, 2016; Ynoue et al., 2017). O deslocamento de águas superficiais, forçado pelo vento em superfície e pela Força Coriolis está associado a um atrito da camada superficial com as subcamadas, forçando também o deslocamento das subcamadas em intensidade cada vez menores e sempre à esquerda, no Hemisfério Sul, do vetor de deslocamento acima até águas mais profundas. Esse movimento horizontal e para baixo das camadas de água superficiais é chamado de Espiral de Ekman (Garrison, 2016).

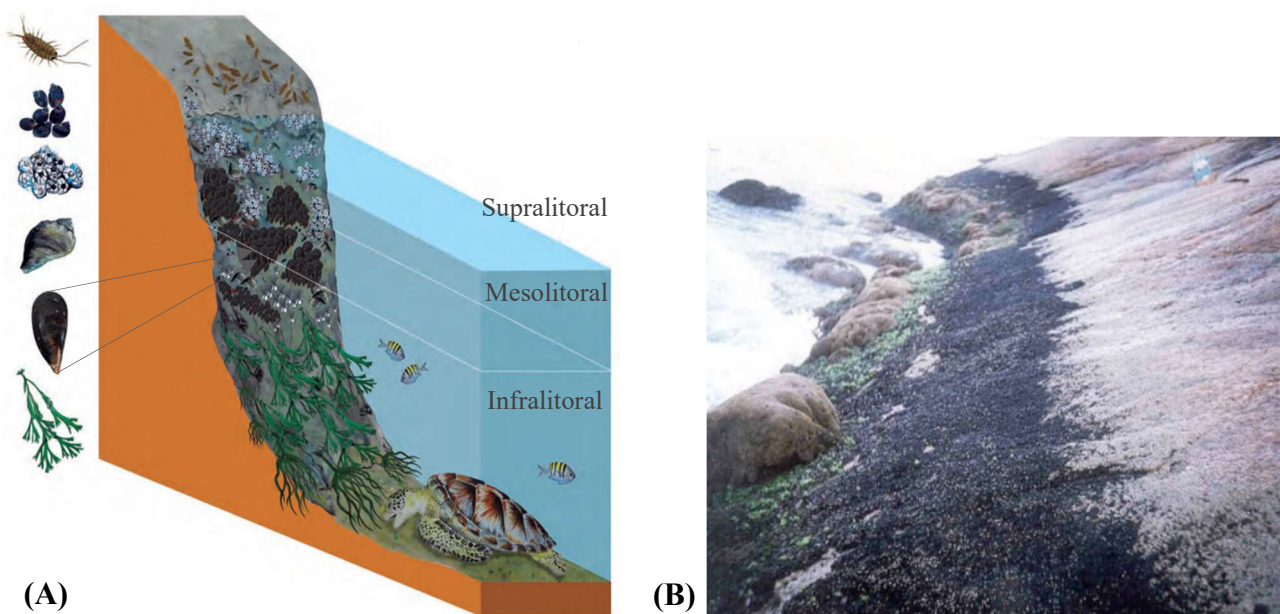
Um movimento resultante do deslocamento das camadas e subcamadas é o impulso do fluxo de água para a região que está sendo direcionado, favorecendo um “empilhamento” de água, ou seja, uma elevação do nível do mar nessa região e, portanto, um abaixamento do nível do mar na região em que a massa de água foi deslocada. Esse transporte de massa d’água é chamado de Transporte de Ekman e tem relevante influência sobre as marés quando atua próximo à costa (Garrison, 2016). Outro fenômeno atmosférico que favorece o aumento ou diminuição do nível do mar é o efeito barômetro invertido, referente ao deslocamento dos campos de pressão atmosférica, em que o centro da alta pressão em superfície favorece a redução do nível do mar, enquanto que, o centro da baixa pressão favorece a elevação. Essas variações ocorrem com magnitude de em torno de 1 centímetro de nível do mar para 1 hPa de pressão atmosférica (Pugh, 1987). Portanto, o nível do mar e as marés são constantemente influenciados por circulações atmosféricas que afetam cada localidade da Terra em diferentes proporções e essa interação é mais conhecida como interação Oceano-Atmosfera (Campos et al., 2009).

É possível separar a maré originada pela atração gravitacional das variações estimuladas por circulações atmosféricas ou fenômenos meteorológicos para obter uma análise dimensional ou

temporal da influência de cada uma dessas forçantes sobre determinado local. Os estudos de Stech & Lorenzzetti (1992) e Campos et al. (2009) analisaram as forçantes meteorológicas que atuavam na costa sul-sudeste brasileira e confirmaram que a interação oceano-atmosfera na região resulta em intensas oscilações de maré, principalmente durante o inverno, devido à batimetria local e a constância dos ventos geostróficos paralelos à costa. Um dos sistemas meteorológicos de macroescala e semi-permanente que tem grande influência nessa região durante o inverno é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um anticiclone com núcleo de alta pressão referente à 1024 hPa, aproximadamente, que modula as frentes frias no inverno do Hemisfério Sul e tende a ficar posicionado próximo ao Sul-Sudeste do Brasil nesse período (Degola, 2012; Ynoue et al., 2017).

Em uma série temporal de oscilações do nível do mar, são encontrados valores acima ou abaixo do desvio padrão em relação ao Nível Médio do Mar (NMM) e, de acordo com, Campos et al. (2009) se relacionam com anomalias ou mesmo extremos de maré. Eventos extremos de maré, negativos ou positivos, são sempre impactantes para as regiões costeiras. Nos casos de extremos negativos, o acesso ao porto e atracação de navios de grande porte se torna arriscado, principalmente em águas rasas, devido à diminuição da distância entre o fundo e o calado dos navios (Hora, 2015). Além disso, a intensidade e persistência desses extremos podem causar uma perturbação no meio ambiente costeiro, por exemplo, modulando o ambiente biológico dos entremarés rochosos na distribuição e abundância de organismos (Moreno, 2012).

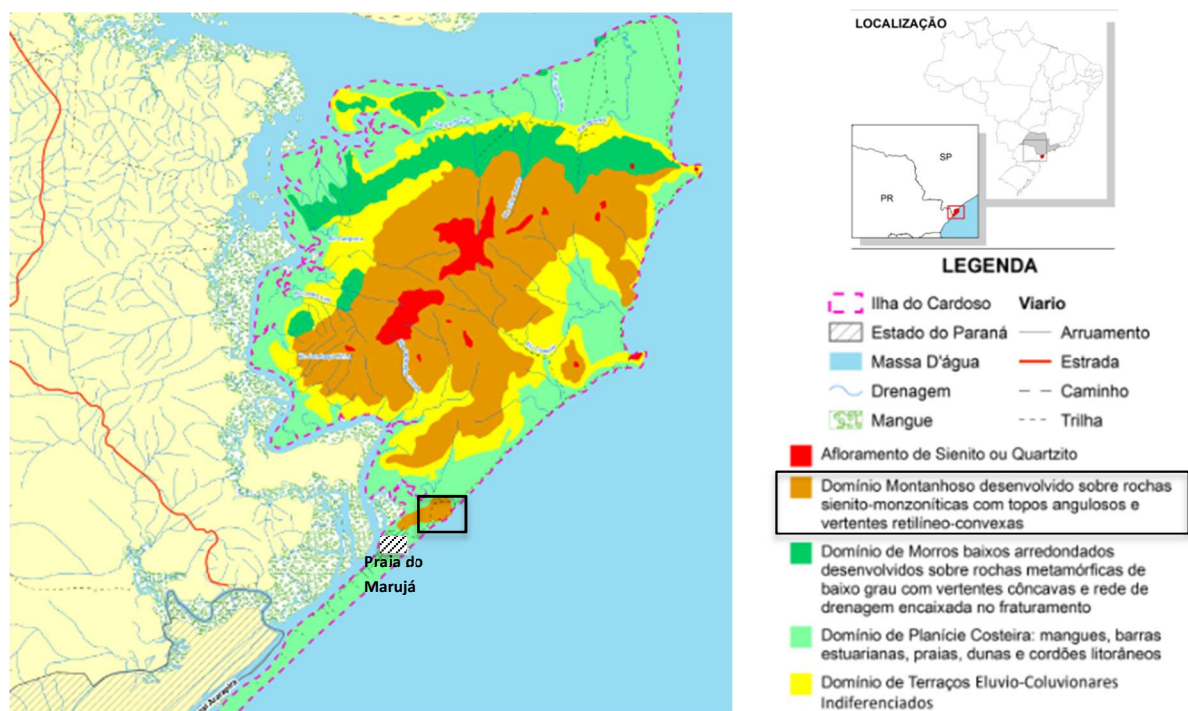
Os entremarés rochosos, ou costões rochosos, são diretamente influenciados pela variação do nível do mar e estão constantemente sujeitos às mudanças de temperatura, salinidade e exposição ao ar e radiação (Hans, 2009). Esse meio abrange uma grande diversidade de organismos sésseis (fixos) distribuídos verticalmente em zonação (Figura 2). Os organismos mais suscetíveis a essas variações do nível do mar são aqueles distribuídos na faixa do mesolitoral, onde ocorre mais impacto das marés, localizada entre a faixa mais exposta do costão (supralitoral) e a faixa submersa (infralitoral) (Carvalho e Berchez, 2009).



**Figura 2.** (A) Ilustração da distribuição natural dos organismos de entremarés rochosos, denominado Zonação, em destaque o mexilhão na zona do Mesolitoral. Fonte: Adaptado do Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiro para Educadores, Rede Biomar, 2016. (B) Zonação no costão em Caraguatatuba – SP, adaptado de Milanelli (2003).

Através da observação fisiográfica da costa brasileira foi possível estabelecer uma relação entre a proximidade da Serra do Mar com o Oceano Atlântico Sul e a ocorrência de costões rochosos. À vista disso, os costões são mais comuns na costa sudeste do País devido à proximidade com a Serra do Mar (Suguio e Martin, 1978).

No litoral norte de São Paulo, por exemplo, há mais costões ao longo da costa que comparado ao litoral sul, como a região de Cananéia-SP que está mais distante da Serra e apresenta uma curta extensão de região entremarés, pois o predomínio são de restingas e manguezais (Carvalho e Berchez, 2009). No município de Cananéia, esses entremarés rochosos são encontrados em localidades no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Figura 3), uma delas chamada de Costão do Marujá ou Morro da Tapera e está entre as praias do Marujá e Lages, e dispõe de uma grande oferta de mexilhões, principalmente da espécie *Perna perna* (Linnaeus, 1758). Seu extrativismo em bancos naturais e a mitilicultura são populares na região (Henriques, 2018).

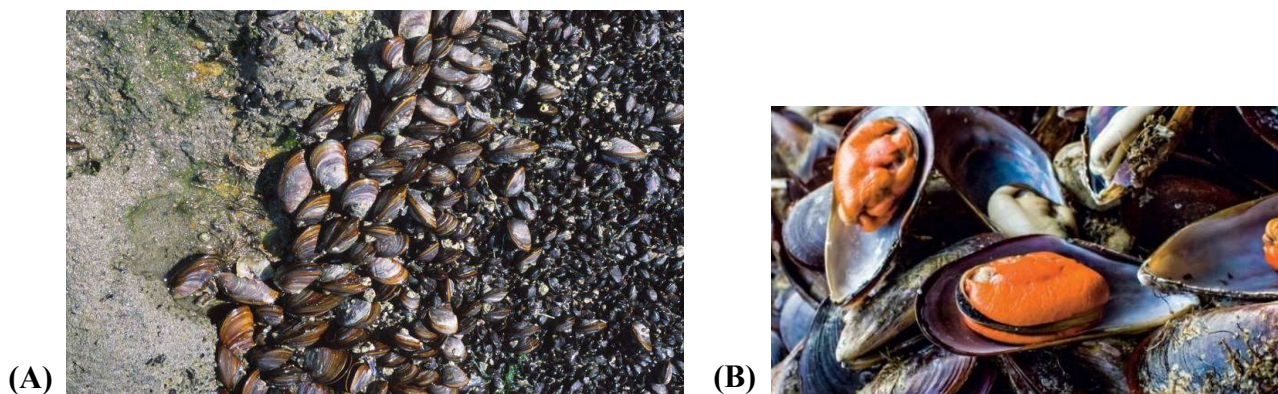


**Figura 3.** Ilustração representando características predominantes no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP e, em destaque no retângulo, a região dos entremarés rochosos, denominada como “Domínio Montanhoso desenvolvido sobre rochas” e a Praia do Marujá destacada no retângulo hachurado. Adaptada de Silva (2014).

O mexilhão *Perna Perna* (Figura 4a e b) é um dos organismos mais abundantes do litoral brasileiro, como são bivalves se alimentarem por filtração de nutrientes provido das correntes e por isso habitam a a faixa de mesolitoral do costão. Porém, conforme as oscilações de maré acontecem, os mexilhões podem sofrer influências, como no caso de maré baixa que exposição ao ar durante muitos dias facilitaria a perturbação do ambiente físico sobre os organismos (Levinton, 2001), podendo interferir na produtividade dos mexilhões *P. Perna* no costão (Schramm, 1993). O estudo de Henriques (2004) mostrou em suas análises realizadas em laboratório, que a tolerância da espécie *Perna perna* a condições abióticas, como, altas temperaturas, baixa salinidade e tempo de exposição ao ar, podem variar de acordo com disposição do costão no local, efeito das marés e contaminação antrópica. No entanto, ainda há poucos estudos que investiguem essa relação entre as variáveis do



ambiente físico fora de laboratório e a espécie. Estudos que relacionem o ambiente físico enquanto território dos mexilhões e a sua abundância são necessários para mensurar o quão influente o ambiente físico está sobre o local.



**Figura 4.** (A) Conjunto de organismos *Perna perna*. do costão da Ponta do Cambiri, Caraguatatuba, SP, Brasil. Fonte: Alvaro E. Migotto. **Mexilhões.** Banco de imagens Cifonauta. (B) Mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758).

Investigações sobre a persistência de maré baixa e seus valores extremos e variações em outros fatores abióticos em interação com os organismos dos entremarés são fundamentais para entender a abundância da espécie, já que devido a sua fixação dependem da disponibilidade de nutrientes no meio e condições físicas ideais para sua reprodução. Pesquisas em locais que praticam atividade de milicultura ou extração de mexilhões em bancos naturais, como no Costão do Marujá, em Cananéia, são importantes para mensurar a disposição e abundância dos mexilhões nos costões e discutir a influência desses fatores na sua importância econômica. No intuito de contemplar essa abordagem e contribuir com futuras pesquisas científicas relacionadas a sustentabilidade do mexilhão devido sua intensa extração por algumas comunidades locais, este estudo teve como objetivo identificar os fenômenos meteorológicos que favoreceram os eventos extremos de maré baixa sobre o litoral de São Paulo durante o inverno do Hemisfério Sul, entre os anos de 2014 a 2016, e investigar possíveis relações a maré baixa e a abundância do mexilhão *Perna perna* do Costão do Marujá, em Cananéia-SP. O estudo relacionou as variáveis de forma interdisciplinar, embasando tanto a parte física da

oceanografia e meteorologia quanto à biológica, para identificar possíveis influências dos fatores físicos sobre o meio biótico.

## DADOS E METODOLOGIA

O período de estudo foi correspondente ao inverno do Hemisfério Sul (junho, julho e agosto, JJA) de 2014 a 2016. O período de três anos foi preferido pela disponibilidade em comum de todos os dados com reanálises de maior resolução e dos dados relacionados à captura do mexilhão *Perna perna*. O local de estudo foi Cananéia-SP (25.01700°S; 47.92500°W), litoral sul do Estado de São Paulo, porém, os dados meteorológicos e maioria dos dados oceanográficos foram processados e analisados para toda costa sudeste de São Paulo. A região entremarés investigada foi o Costão do Marujá, ou Morro do Tapera, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso em Cananéia. Os horários de pesca do *Perna perna* foram: os dias de descarga (dias de captura), as horas de operação ou esforço (por quantas horas foram realizadas cada captura) e o desembarque do mexilhão, quantidade capturada, todos fornecidos pelo Instituto de Pesca de São Paulo.

Os dados horários (a cada 1 hora) de nível do mar foram obtidos da *University of Hawaii/Sea Level Center* - UHSLC (Caldwell e Thompson, 2015) relativo à estação maregráfica de Cananéia da Universidade de São Paulo. Foram utilizados dados horários a cada 6 horas UTC das reanálises do *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications v.2* - MERRA-2 (Gelaro et al., 2017), como, Pressão à Nível Médio do Mar (PNMM), velocidade e direção do vento em superfície (10m) e altura geopotencial em 200 hPa; e com resolução espacial de  $\frac{1}{2}^{\circ}$  de latitude por  $\frac{5}{8}^{\circ}$  de longitude fornecidas pelo *Global Modeling and Assimilation Office/National Aeronautics and Space Administration* - GMAO/NASA. Também foram usados dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) a cada 3 horas UTC, fornecidos pela *NOAA Climate Data Record (CDR) of Sea Surface Temperature* - WHOI, Version 2.

A sazonalidade foi removida dos dados de nível do mar através de comandos de manipulação de dados climáticos do conjunto *Climate Data Operators (CDO)* e, em seguida, foi aplicado o filtro

*Lanczos* (Duchon, 1979) passa-baixa com frequência de corte de 28 horas para eliminar a modulação das forçantes astronômicas visto que essas componentes possuem períodos em torno de 8 - 24 horas (técnica de filtragem também usada por Campos et al., 2010 e Valerio, 2016). A identificação dos valores extremos de nível do mar se deu a partir daqueles que estiveram abaixo de -2 (duas) vezes o desvio padrão em relação à média da série. Depois de identificados, os eventos foram organizados de acordo com as horas de ocorrência com mais representação física em relação às horas das reanálises, ou seja, 00, 06, 12 ou 18 UTC. Assim foi possível associá-los de maneira mais direta com as composições de médias das variáveis atmosféricas durante quatro dias (Dia -4) e dois dias antes (Dia -2) e durante (Dia 0) da ocorrência dos eventos, semelhante como realizado por Campos et al. (2010), porém com uma análise de observação de até quatro dias anteriores no intuito de observar e interpretar com um maior período de tempo antecedente a evolução temporal dos sistemas meteorológicos que ocorriam antes dos extremos de maré baixa. Desta forma, foi possível encontrar explicações de como a atmosfera contribuiu para os eventos selecionados. Não se aplicou o teste de significância estatística nas composições já que o objetivo preliminar foi abordar alguns dos aspectos físicos de macroescala que favoreceram os casos em análise.

A forma escolhida para a análise do impacto entre os eventos extremos de maré baixa e os organismos foi através do cálculo da abundância relativa, Captura por Unidade de Esforço (CPUE), do *Perna Perna*. Em alguns estudos, como os de Campos e Andrade (1998), a Captura por Unidade de Esforço foi utilizada como principal estimativa do estudo para identificação de variações sazonais na distribuição do recurso pesqueiro na costa sudeste-sul do Brasil. No intuito de relacionar o índice de disponibilidade do mexilhão no costão do Marujá nos dias e meses em estudo com a variação do nível do mar, mais especificamente para os períodos de sub elevação de maré, foi realizado o cálculo de CPUE para a verificação das estimativas de volume de captura por horas de operação. Essa estimativa foi calculada dividindo o número capturas ( $C$ ) pelo o esforço ( $f$ ) para cada desembarque diário e, posteriormente, foi feita a média diária e mensal dos valores de CPUE.

A sazonalidade também foi retirada dos dados de CPUE e investigou-se a associação entre as

anomalias diárias CPUE e as anomalias diárias de nível do mar abaixo durante os invernos selecionados. Também foram calculadas as anomalias mensais de ambas as séries durante o período todas as estações de 2014-2016. Foi interpretada a tendência das séries e levando em consideração o período de defeso do *Perna Perna* nas regiões Sul e Sudeste do País (Ibama, 2006). O período de defeso é fundamental para espécie, pois promove a proteção da espécie no seu período de reprodução, recuperação dos bancos naturais e manutenção da operação das capturas (Secretária de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2016). Uma forma de medir o impacto do nível do mar ( $x$ ) na CPUE ( $y$ ) foi utilizando a correlação de Pearson ( $r$ ), dada pela fórmula:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left( \frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

Assim, interpretando o explicado em Figueiredo (2009), o cálculo consegue mensurar o grau de relação entre duas variáveis, pois se dá através do somatório de cada variável  $x_i$  subtraído pela sua média  $\bar{X}$  e dividido pelo seu desvio padrão  $s_x$ , multiplicado, por cada variável  $y_i$  subtraído pela sua média  $\bar{Y}$  e dividido pelo seu desvio padrão  $s_y$ , todos multiplicados pelo inverso da quantidade comum de dados ( $n$ ) menos um. A correlação pode variar de -1 a 1, sendo correlação negativa os valores menores que zero, representando que as variáveis estão inversamente relacionadas, e correlação positiva quando os valores são maiores que zero, demonstrando a relação linear das variáveis. A correlação zero significa que as variáveis não estão relacionadas e a sendo -1 ou 1, que elas estão praticamente cem por cento relacionadas. E ainda, através do coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ): forte entre  $|0,70|$  e  $|1|$ , moderado entre  $|0,40|$  e  $|0,60|$  e fraco entre  $|0,10|$  e  $|0,30|$ . Uma forma de expor, em porcentagem, o quanto a variável  $x$  influenciou a variabilidade de  $y$  foi calculando a porcentagem do valor de  $r^2$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS DE MARÉ BAIXA

A série de extremos de maré baixa foram referentes aos valores abaixo de -2 desvios padrão em

relação à média do período de inverno depois da remoção da tendência linear e aplicação do filtro passa-baixa. O limiar que definiu esses extremos foi de - 0,207 m, ou seja, todos os valores da série inferiores a esse valor foram selecionados para o estudo e estão mencionados na Tabela 1, assim como os respectivos dias e horas de ocorrências. Ao total foram identificados 69 eventos em 8 dias de JJA de 2014-2015. Em relação ao inverno de 2016 não foram identificados eventos de acordo com o limiar de -2 desvios padrão, porém, ocorreram valores abaixo de -1 desvio padrão (- 0,104 m). O valor mais negativo e extremo da série ocorreu no dia 11 de agosto de 2015 com máxima amplitude negativa de -0,232 m. E nos dias 7 e 8 de agosto de 2014, 27 e 28 de junho e 27 e 28 de agosto de 2015 foram os dias que os extremos foram mais persistentes em termos de horas consecutivas (destacados em azul na tabela). Os meses com mais casos foram Junho e Agosto de 2015 com a ocorrência de 29 e 28 eventos, respectivamente.

| Data              | Hora Local (HL) | Valores abaixo de -2 DP (m) |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| <b>31/07/2014</b> | 6               | -0.209                      |
|                   |                 | -0.211                      |
|                   |                 | -0.210                      |
|                   | 12              | -0.209                      |
|                   |                 | -0.210                      |
| <b>07/08/2014</b> | 18              | -0.218                      |
|                   |                 | -0.220                      |
|                   |                 | -0.217                      |
|                   |                 | -0.215                      |
|                   |                 | -0.218                      |
| <b>08/08/2014</b> | 18              | -0.220                      |
|                   | 0               | -0.216                      |
| <b>27/06/2015</b> | 0               | -0.210                      |
|                   |                 | -0.215                      |
|                   |                 | -0.218                      |
|                   |                 | -0.217                      |
|                   |                 | -0.215                      |

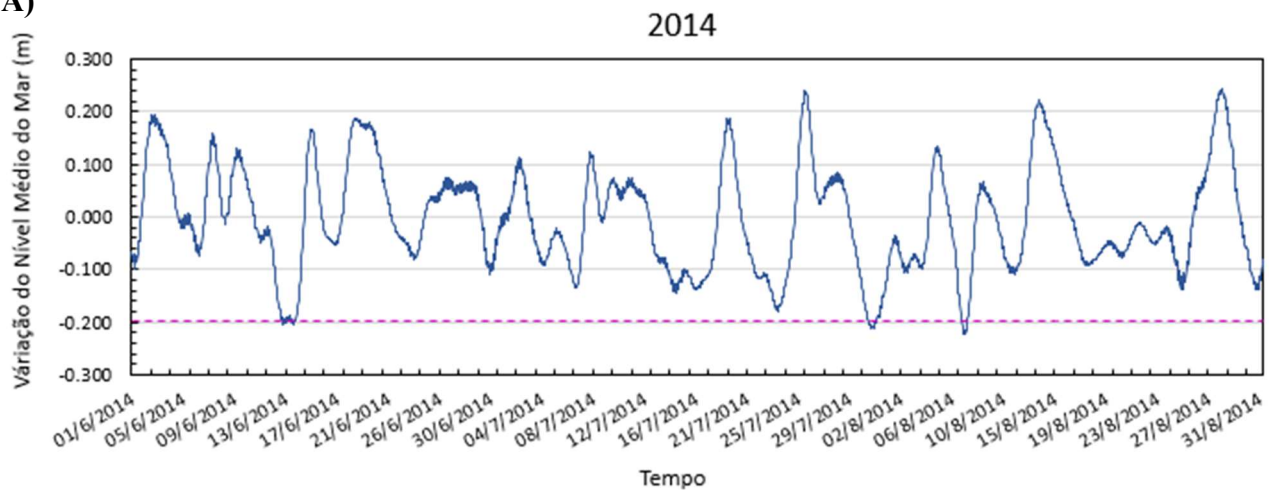
|                   |    |        |
|-------------------|----|--------|
|                   | 6  | -0.216 |
|                   |    | -0.219 |
|                   |    | -0.222 |
|                   |    | -0.222 |
|                   |    | -0.219 |
|                   |    | -0.218 |
|                   | 12 | -0.221 |
|                   |    | -0.225 |
|                   |    | -0.225 |
|                   |    | -0.221 |
|                   |    | -0.218 |
|                   |    | -0.221 |
|                   | 18 | -0.226 |
|                   |    | -0.226 |
|                   |    | -0.220 |
|                   |    | -0.216 |
|                   |    | -0.218 |
|                   |    | -0.223 |
| <b>28/06/2015</b> | 0  | -0.222 |
|                   |    | -0.215 |
|                   |    | -0.208 |
|                   |    | -0.210 |
|                   |    | -0.214 |
|                   |    | -0.212 |
|                   | 6  | -0.208 |
|                   | 0  | -0.211 |
| <b>11/08/2015</b> | 6  | -0.220 |
|                   |    | -0.225 |
|                   |    | -0.222 |
|                   |    | -0.219 |
|                   |    | -0.221 |
|                   |    | -0.229 |
|                   |    | -0.232 |
|                   |    |        |

|                   |    |        |
|-------------------|----|--------|
|                   | 12 | -0.227 |
|                   |    | -0.220 |
|                   |    | -0.221 |
|                   |    | -0.227 |
|                   | 18 | -0.228 |
|                   | 18 | -0.220 |
|                   |    | -0.211 |
|                   |    | -0.210 |
|                   |    | -0.215 |
|                   |    | -0.214 |
| <b>27/08/2015</b> | 12 | -0.214 |
|                   |    | -0.221 |
|                   |    | -0.209 |
|                   |    | -0.225 |
|                   |    | -0.228 |
|                   | 0  | -0.212 |
|                   |    | -0.222 |
| <b>28/08/2015</b> | 0  | -0.222 |
|                   |    | -0.209 |

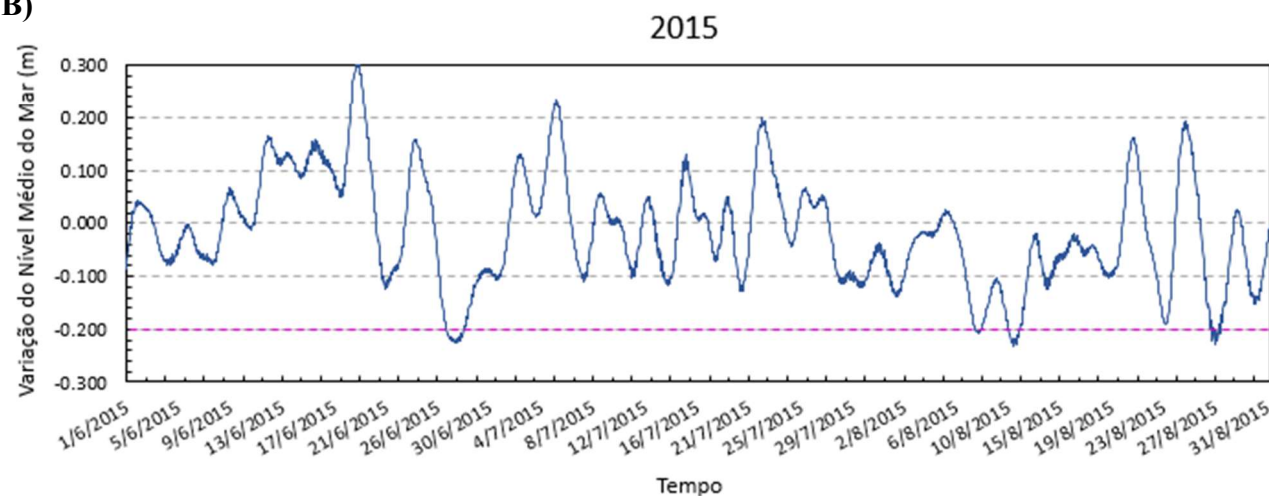
**Tabela 1:** Identificação dos eventos extremos de maré baixa abaixo de - 0,207 m (-2 desvios-padrão) em Cananéia/SP durante o período de estudo. Hora Local (HL) se encontra distribuída em horas UTC (HL=UTC-3).

Foi observada tendência negativa na série diária do NM durante os meses de JJA de cada ano. Considerando os valores de nível do mar abaixo de -1 desvio padrão nota-se que esses ocorreram principalmente nos anos de 2014 e 2015 e, inclusive, próximo aos dias que antecederam os eventos mais extremos das séries (abaixo de -2 DP) (Figura 5).

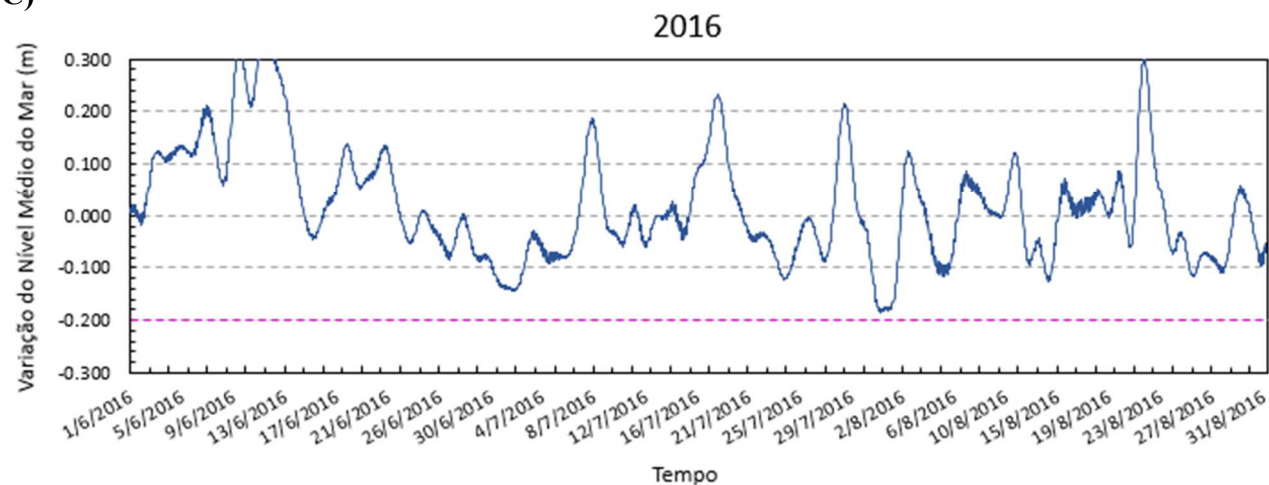
A)



B)



C)



**Figura 5.** Distribuição temporal da série diária, filtrada e sem tendência linear do nível do mar em Cananéia/SP durante JJA: (A) 2014; (B) 2015 e (C) 2016. O intervalo de escala na abcissa está a cada 1 hora e na ordenada a cada  $|0.1 \text{ m}|$ . Os valores referentes a -1 e -2 desvio padrão estão destacados pelas linhas tracejadas e são representados por -0,104 e -0,207 m, respectivamente. A linha tracejada em rosa destaca o desvio-padrão menos dois (-2) em relação à média.



## **COMPORTAMENTO MÉDIO DAS VARIÁVEIS METEO-OCEANOGRÁFICAS ASSOCIADAS AOS EVENTOS SELECIONADOS**

Através das composições de média das variáveis foi possível observar como os fenômenos meteorológicos estavam atuando no Oceano Atlântico Sul antes e durante os dias de ocorrência dos eventos selecionados. A Figura 6 apresenta essas composições para as variáveis de Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM) e velocidade e direção do vento em superfície (10 m de altitude acima do nível médio do mar) nos quatro dias antes (Dia -4), dois dias antes (Dia -2) e nos dias em que ocorreram os eventos extremos de maré baixa (Dia 0), (Figuras 6A, 6B e 6C. respectivamente).

Em média, quatro dias antes da ocorrência dos extremos negativos de maré abaixo de -2 DP listados na Tabela 1 foi possível identificar a atuação de Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) com núcleo em 10°W; 30°S, posicionamento próximo ao constatados por outros estudos, considerado como característico do período de JJA do Hemisfério Sul (Degola, 2013). Analisando somente o vento, a ASAS impediu a passagem de um sistema frontal posicionado em torno de 50-40°W;25-35S° observado a partir 1,6 m/s. Na retaguarda do sistema frontal há a presença de uma baixa pressão caracterizada por ventos que giram no sentido horário no HS. E a oeste desta, há um um anticiclone transiente de origem polar posicionado sobre o continente com núcleo em 1020 hPa, posicionado a 63°W; 37°S. Devido a frente fria nessa configuração, a direção do vento de componente leste na região de estudo foi de leste.

Durante o inverno do Hemisfério Sul a ASAS tende a se deslocar para latitudes mais ao norte, comparado ao seu posicionamento durante o verão. Nesse período, a variação no posicionamento da ASAS deslocada mais ao norte e leste, permite o deslocamento de sistemas frontais para essas direções, dando origem a passagem e predominância das passagens de frentes frias pela América do Sul durante os meses de JJA (Degola, 2013). Essa relação entre o deslocamento da frente fria e da ASAS pode ser observada na evolução das Figuras 6B e C, para os Dias -2 e 0, respectivamente.

Quando observamos o que aconteceu, em média, dois dias antes dos eventos (Dia -2), foram

observados os deslocamentos para leste da ASAS, do sistema frontal e do anticiclone transiente e intensificação do vento sobre a região de estudo. A ASAS se deslocou para leste, se afastando do continente o que permitiu que a frente fria se deslocasse mais a sudeste e que a baixa pressão associada também se deslocasse mais ao sul sobre o Oceano Atlântico Sul com núcleo posicionado em 15°W; 40°S e se enfraquecesse entre 1015 e 1020 hPa. Na retaguarda do sistema frontal e baixa pressão já enfraquecidos, houve a presença da alta pressão relacionada ao anticiclone transiente e que também se deslocou para leste se posicionando em 40°W; 37°S, aproximadamente, e se intensificando com centro em torno de 1030-1035 hPa. O ramo oeste desse sistema contribuiu com os ventos de direção leste sobre a costa Sudeste do Brasil e a intensificação do escoamento em superfície, resultando em vento mais intenso próximo da costa da região de estudo (Figura 6B) em relação à Figura 6A.

Nos dias em que ocorreram os eventos (Dia 0), a tendência dos sistemas de pressão mencionados nas Figuras 6A-B foi de continuidade de deslocamento para leste, redução da PNMM sobre a região de estudo e a configuração do vento próximo da costa se modificou. O anticiclone transiente se deslocou para regiões de latitudes mais baixas e seu núcleo que se posicionou em 27°W; 35°S, aproximadamente, esteve associado a ASAS. A PNMM predominante sobre o litoral sudeste reduziu de 1025 hPa (Figura 6B) para 1020 hPa (Figura 6C). Com essa redução da PNMM sobre Cananéia devido ao deslocamento do núcleo da alta sobre para leste no oceano, a direção do vento mudou de leste no Dia -2 para nordeste no Dia 0, ou seja, a direção do vento esteve paralela à costa no dia de ocorrência dos eventos.

A Figura 7 apresenta a evolução temporal e espacial da altura geopotencial em 200 hPa (mcp) para que seja possível relacionar o padrão ondulatório atmosférico em altos níveis com os deslocamentos e magnitudes do vento em superfície na região de estudo. As composições para o Dia -4 apresentam uma configuração mais zonal da altura geopotencial sobre o domínio em análise em relação ao Dia -2 e 0, principalmente, sobre os subtropicais e extratropicais (Figura 7A). Com base no gradiente da altura geopotencial, essa configuração mais zonal pode ser explicada pelo padrão de índice de bloqueio da ASAS, no qual a persistência da alta em médias latitudes é proporcional ao

bloqueio e intensidade da componente zonal do vento geostrófico, ou seja, o padrão com alto (baixo) índice zonal corresponde àquelas situações com escoamento zonalmente não-bloqueado (bloqueado) (Oliveira, 2011).

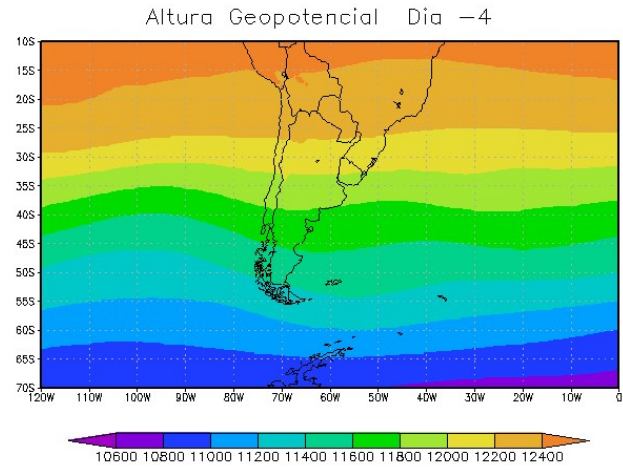
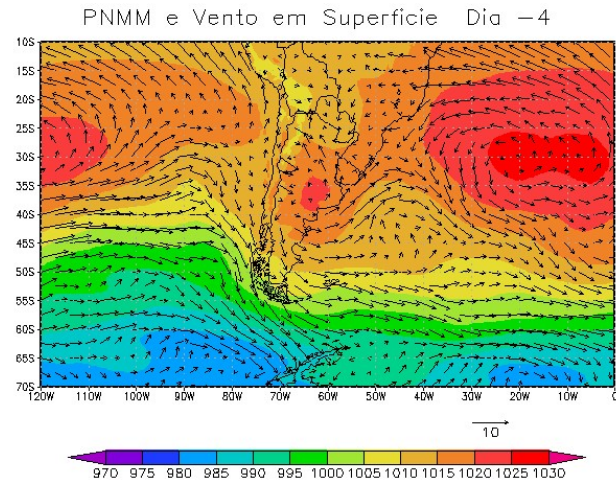
Porém, na Figura 7B é observada a predominância de uma crista em altitude sobre o Sul e proximidades do Oceano Atlântico Sul e a leste do seu eixo, um cavado se configurou e atuou sobre costa Sudeste do Brasil. Por conservação de massa, a partir do leste do eixo da crista, houve favorecimento subsidência do ar em direção à superfície e intensificação do anticiclone transiente observado no Dia -2. No Dia 0, a crista que antecedia a aproximação do cavado, se deslocou para leste e atuou sobre a região de estudo. Esse deslocamento horizontal favoreceu o deslocamento da alta pressão atmosférica em superfície também para leste, assim como observado na Figura C, e influenciou a velocidade e direção do vento sobre a região de Cananéia.

O escoamento atmosférico próximo da superfície oceânica tende a influenciar a Temperatura em Superfície do Mar (TSM) dependendo da intensidade e persistência da direção do vento. Com a configuração de vento observada na região de estudo, entre quatro e dois dias antes até o dia que ocorreram os eventos, a atuação das forças de Coriolis e transporte de Ekman, o atrito do vento com a superfície oceânica deslocou o fluido superficial para esquerda do vento predominante, resultando no empilhamento de água longe da costa e favorecendo a diminuição do nível do mar na região de estudo e em todo litoral Sudeste. Algumas características de circulação foram parecidas com as encontradas por Campos et al. (2009) para anos anteriores aos do presente estudo.

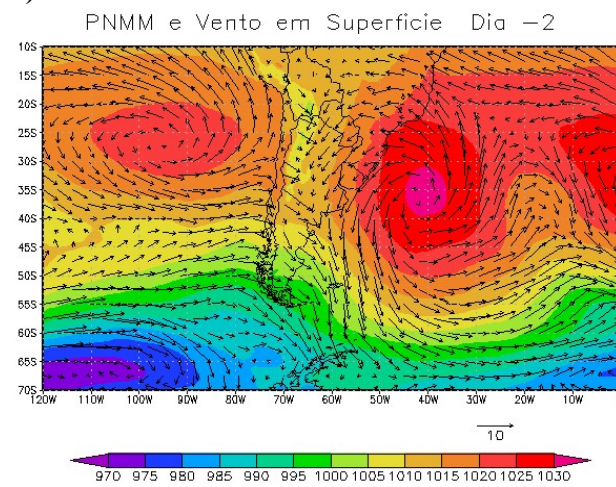
Para analisar o efeito dessa interação oceano-atmosfera com o transporte e bombeamento de Ekman, foram feitas as composições médias da TSM (Figura 8) nos mesmos dias que as análises feitas anteriormente, em quatro e dois dias antecedentes (Dia -4; Dia -2) e nos dias que ocorreram os eventos (Dia 0). Dessa forma foi possível observar a variação da TSM próximo à costa de Cananéia associada ao bombeamento de Ekman, em que a diminuição da TSM respondeu ao movimento vertical do corpo de água mais frio da base da camada para a superfície.

**A)**

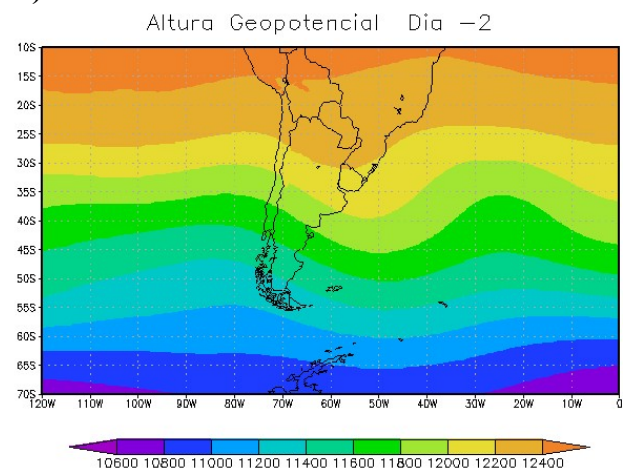
**A)**



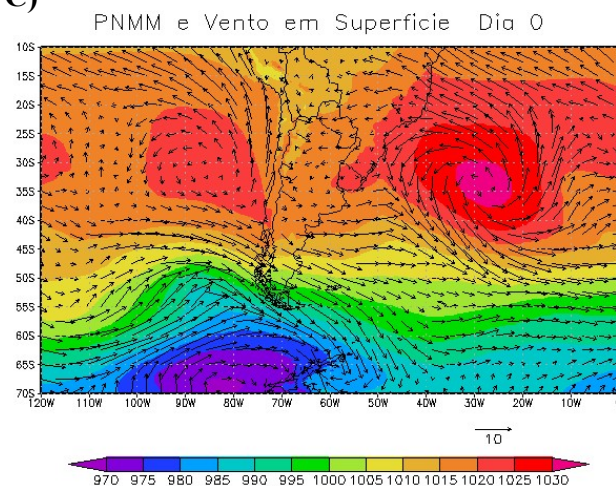
B)



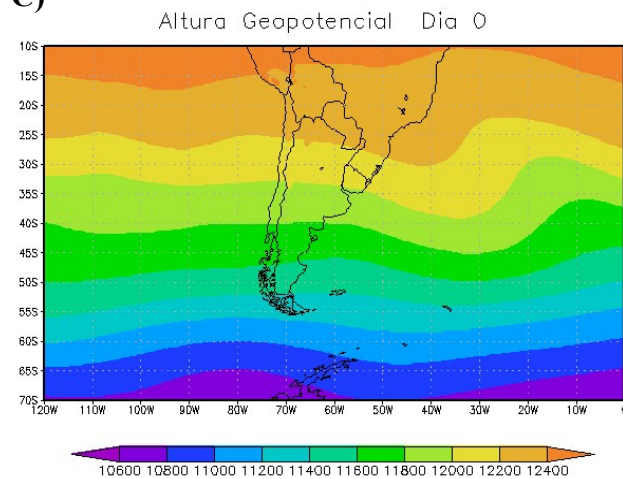
B)



C)



C)



**Figura 6.** Composição de médias de PNMM (hPa, colorido) e vento em 10 m (m/s, vetores): (A) Dia -4, (B) Dia -2 e (C) Dia 0 da ocorrência dos eventos. Legenda do vento indica vetor com magnitude de 10 m/s.

**Figura 7.** Composição de médias de altura geopotencial (m) em 200 hPa: (A) Dia -4, (B) Dia -2 e (C) Dia 0 da ocorrência dos eventos.

Na Figura 8A-C foi observado a variação da TSM com valores imediatamente abaixo de 20 à 23°C com valores mais baixos ao sul de Cananéia (25°S; 47°W) e mais altos a leste do domínio da figura. Por exemplo, no Dia -4 a TSM apresentou-se com valores entre 20°C e 21°C próximo à costa de Cananéia seguindo para latitudes mais altas e temperaturas mais altas entre 22°C e 23°C sobre o oceano e mais distante da costa em latitudes menores comparado a região de estudo. A TSM próxima da costa de Cananéia tendeu a ser de aproximadamente 21.5°C (Figura 8A) nos 4 dias que antecederam os eventos de maré baixa. No dia -2, a TSM teve redução em relação ao período anterior em todo o domínio próximo à costa e as faixas com temperaturas de 20°C à 21°C se deslocaram para norte. As regiões com latitudes mais baixas desde Cananéia foram as que tiveram maior variação de temperatura, em geral de 21,6°C (Dia -4) para 21,2°C (Dia -2). Na região de estudo a TSM diminuiu aproximadamente 0.5°C, variando para 21°C (Figura 8B). Nos dias em que ocorreram os eventos (Dia 0), a TSM permaneceu semelhante ao Dia -2, variando pouco em valores no espaço e os valores entre 20°C e 21°C se estabeleceram nas latitudes mais altas próximos a Cananéia em 25°S; 47°W, que se encontrava com 21,2°C no Dia -2.

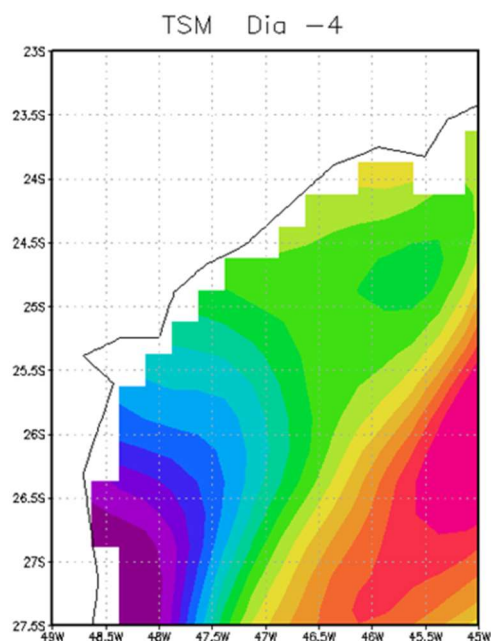
## **ASSOCIAÇÕES ENTRE A ABUNDÂNCIA DO MEXILHÃO PERNA-PERNA E A MARÉ BAIXA**

### **Análise Diária**

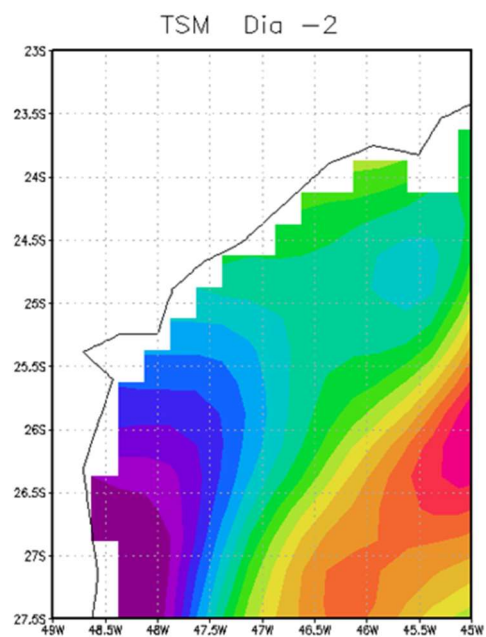
Nessa análise, foram identificados e analisados apenas os dias que ocorreram maré baixa, ou seja, os valores abaixo da média ( $<0,005$  m), no período de JJA da série de 2014-2016. Para esses dias foi calculada a média diária dos valores horários que apresentaram maré baixa e a média diária dos valores de CPUE. A relação entre as séries temporais dessas médias resultou num comparativo entre o do comportamento diário da CPUE quando ocorreram os desvios negativos de nível do mar negativo (Figura 9). A sazonalidade foi removida das séries temporais.



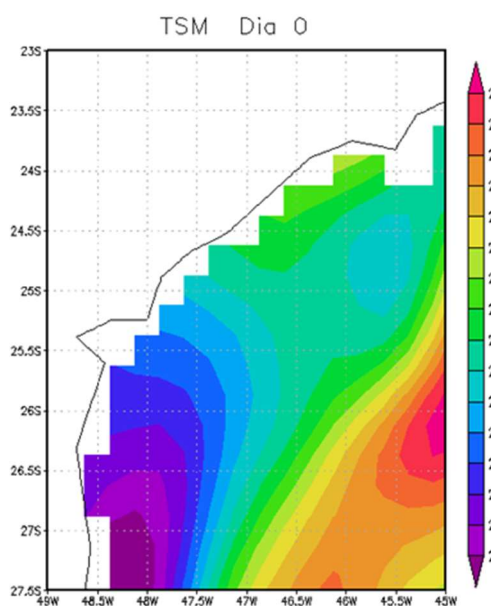
A)



B)



C)



**Figura 8.** Composição de médias da Temperatura em Superfície do Mar (TSM) em (°C) nos dias (A) Dia -4, (B) Dia -2 e (C) Dia 0 da ocorrência dos eventos.

Em junho de 2014, ocorreu a maré mais baixa do inverno desse ano, chegando a -1,93 m, aproximadamente, e a persistência em torno desse valor foi curta, entre os dias 12 e 15 de junho. Entre e período também houve um aumento médio da CPUE diária e no dia 14/06/2014 chegou a 13,1 kg/h. No inverno desse ano, o período que mais se destacou por apresentar uma tendência e persistência de

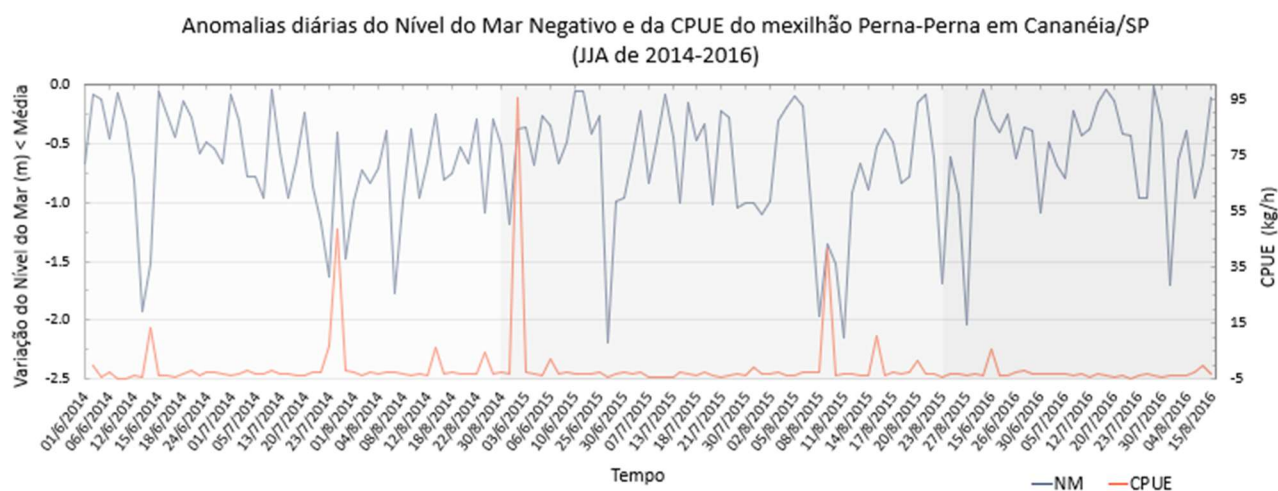
marés baixas mais extremas, acompanhadas de aumento da CPUE, foi entre 20/07 até 10/08/2014. E o valor máximo da CPUE ocorreu entre os dias 23 e 30/07 atingindo o maior valor durante JJA 2014 com 48,6 kg/h (Figura 9). Porém, a CPUE não mostrou aumento durante as horas de extremos negativos de maré dos dias 31/07, 07 e 08/08, tendo apresentando aumento logo depois entre 12-18/08/2014, mas inferior aos dias destacados anteriormente.

Em 2015, o período de JJA apresenta o maior valor de CPUE em comparação com todos os outros dias da série relativa à Figura 11, 95.6 kg/h. Como identificado anteriormente e também observado na Figura 11, o maior número de eventos extremos de maré baixa em horas consecutivas, ou seja, persistentes em várias horas seguidas em toda a série, ocorreu em JJA 2015. Em 27/06, a média da redução do nível do mar correspondeu a -2,19 m durante as horas de sub-elevação, o valor mais extremo dessa estação do ano. Nos outros dias os valores ficaram entre -1 DP e a média e a CPUE não esteve tão elevada. Porém, o mês de agosto foi o que apresentou maior persistência de maré baixa com maior número de eventos extremos ( $< -2$  DP), destacando-se os dias 07 e 12 de agosto com a diminuição de -1,96m e -2,14m. Comparando com os eventos já identificados de extremos de maré em JJA desse ano, foi possível observar o aumento elevado da CPUE no mesmo período, mostrando uma relação mais direta entre as variáveis. Foi observado o aumento no valor da CPUE de 41,6kg/h no dia 09/08.

No inverno de 2016, como já discutido anteriormente, além de não terem ocorrido eventos extremos de maré negativa abaixo de -2 DP, também foram poucos os dias em que houve maré baixa em comparação com os invernos de 2014 e 2015. Com isso, valores médios diários de CPUE durante os períodos de maré baixa (Figura 9) também não apresentaram expressivo aumento como nos anos anteriores.

A análise das séries diárias dos valores médios horários de maré baixa e da CPUE durante os respectivos dias mostraram ter relação em alguns períodos, porém, em outros essa relação não foi tão observada. Ou seja, sugere-se que a maior disponibilidade de mexilhões para captura foi realizada quando houve persistência de maré baixa.

O estudo de Freitas (2011) sobre o extrativismo do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* em Barra Grande-PI, propôs analisar o rendimento das marisqueiras na atividade de captura do molusco, e constataram que o período de inverno era o mais preferido para as atividades, já que apresentou ser abundante e termina discutindo a importância de estudos que determinem a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) para avaliar o quanto as coletas por hora/dia são impactadas na atividade nesse período no ambiente.



**Figura 9.** Variação média diária do Nível do Mar para as horas em que os valores estiveram abaixo da média ( $<0,00005$  m), eixo-y à esquerda, e variação da CPUE (kg/h), eixo-y à direita durante JJA de 2014 a 2016. No eixo-x a escala de tempo relativo aos dias em comum entre as séries e o espaçamento está a cada 3 dias.

### |Análise mensal

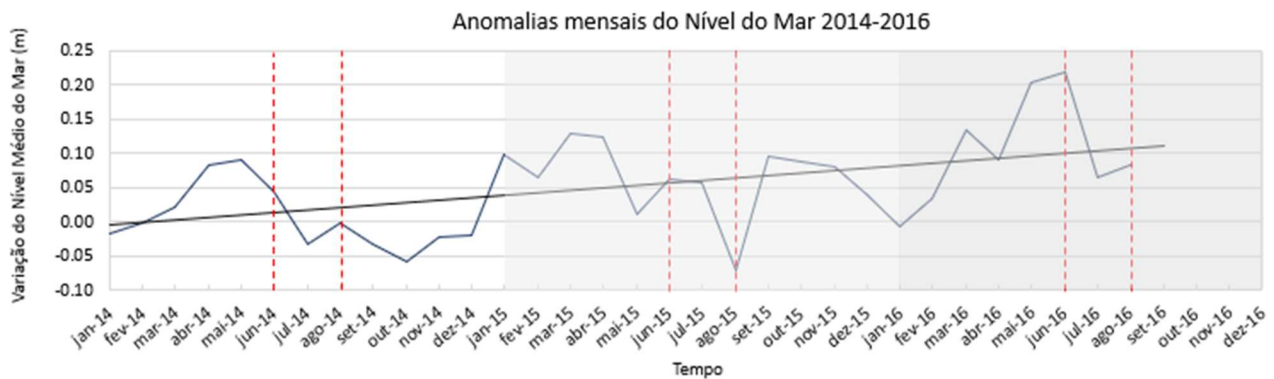
Através das análises realizadas com as médias mensais de todos os valores da série de Nível do Mar e de CPUE durante todo o período de 2014-2016 (sem sazonalidade), foi possível averiguar o comportamento anômalo entre as variáveis dando destaque a estação de inverno. A análise foi feita através da interpretação das tendências dos gráficos de variação média das variáveis NM e CPUE, Figuras 10 e 11, respectivamente, porém, com exceção dos meses de defeso. Os valores de CPUE negativos são entendidos como valores abaixo da média. A interpretação da linha de tendência das



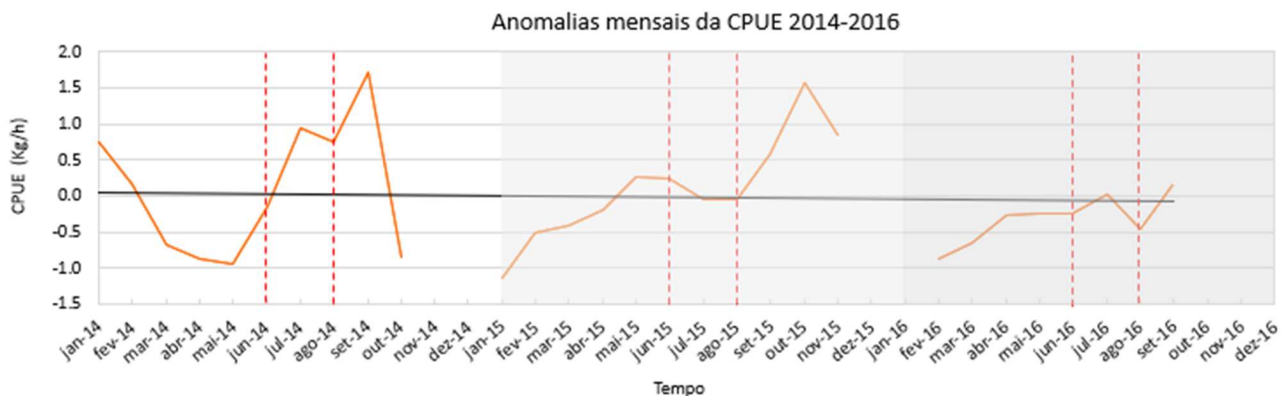
variáveis nos gráficos indica que o comportamento das variáveis durante os três anos 2014-2016 possui relação inversa e a variação da CPUE em 2016 indica o porquê esse ano não teve tanta influência na CPUE. Por exemplo, é observado que durante os três anos houve tendência à elevação do nível do mar, ou seja, 2016 foi um ano com uma elevação de NM maior em relação aos dois anos anteriores (Figura 10). Quando observamos a tendência mensal da CPUE (Figura 11) houve diminuição ao longo dos anos em análise, sugerindo uma correlação negativa entre o nível do mar e a CPUE durante os três anos. E de fato, a correlação linear entre as séries para os três anos correspondeu ao valor de  $r = -0.3$ , caracterizando uma correlação negativa e fraca. Ou seja, existem outras variáveis que influenciaram na variação da CPUE, visto que esse parâmetro é calculado pela razão entre o número de captura e o esforço de operação. Os possíveis podem estar relacionados com forçantes físicas (meio abiótico), biológicas e até relativo à operação de pesca da própria atividade de extrativismo do mexilhão. Através da correlação linear foi possível obter o  $R^2$  que equivale ao percentual de explicação de uma variável explicativa sobre uma explicada, ou seja, é possível quantificar que a influência que o NM teve sobre a atividade de captura dos mexilhões no costão do Marujá, durante 2014-2016, foi de 11%.

Nos gráficos foi observado que dentre todos os invernos em análise, o que ocorreu em 2014 foi o mais favorável para o aumento da CPUE associado diminuição do nível do mar. Em JJA 2015, apesar de terem sido identificados alguns dias com os eventos extremos de maré mais intensos de todo período do estudo, os valores mensais ficaram ligeiramente em torno da média em junho e julho, tendo ocorrido intensa anomalia negativa somente em agosto. Para todo os meses de inverno desse ano, a CPUE se manteve positiva, porém com anomalias positivas mais fracas que em JJA 2014. Em 2016 e durante os meses em que teve captura do mexilhão, os valores mensais de nível do mar foram predominantemente acima da média, principalmente, em JJA. Nota-se que a anomalia da CPUE variou pouco e este próximo da média em relação aos outros anos. Os meses de julho e junho apresentaram a maior variação média de CPUE durante esse ano, indo de 0.1 kg/h em junho para -0.3 kg/h em julho. A correlação entre anomalias somente para JJA resultou em  $r = -0.5$ ,

correspondendo uma variação negativa e moderada, ou seja, mais relevante que a correlação de todos os meses de 2014-2016. Assim, o  $R^2 = 28\%$  indica que menos da metade da variabilidade do mexilhão durante os invernos selecionados é explicada pela variabilidade do nível do mar. Isso também reforça a apresentação das linhas de tendências com sentidos opostos mostradas nas Figuras 10 e 11.



**Figura 10.** Variação mensal do Nível do Mar em Cananéia-SP (m) durante 2014-2015. As linhas tracejadas destacam os meses de julho, julho e agosto e a linha sólida em preto indica a tendência linear da série.



**Figura 11.** Assim como na Figura 10, mas para a variação média mensal do CPUE (kg/h), sem tendência.

## CONCLUSÃO

O estudo conseguiu identificar a ocorrência de casos extremos de maré baixa, durante um período climatológico menos propício para incidência e persistência de maré baixa, mostrando que oscilações do nível do mar, por mais que sejam influenciadas, principalmente, por forçantes astronômicas,

também são influenciadas por fenômenos atmosféricos. Ou seja, inúmeras variáveis físicas meteorológicas em interação com oceano podem muitas vezes influenciar a ocorrência de intensas oscilações do nível do mar, como os casos extremos de maré, através da intensificação e mudança de direção das correntes.

Se constatou que durante o período estudado, apenas em JJA de 2014-2015 ocorreram casos extremos de nível do mar baixos, menores que menos dois desvios padrão (-2DP) em relação à média da série. Em 2016 não ocorreram casos de maré abaixo desse limiar, porém houve casos de maré baixa em níveis abaixo da média, mas não tão aparentes quanto a maré baixa dos dois invernos anteriores. O ano se destacou pela ocorrência e persistência de maré alta e até extremos de maré alta, com valores acima de mais dois desvios padrão (+2 DP) (Figura 5C).

Alguns dos eventos extremos negativos persistiram em um período de horas, em até um dia (24h), como ocorreu em 31/07/2014, associado ao predomínio de maré baixa durante todo mês de julho naquele ano, mas principalmente aos dias antecedentes (Figura 5A). Outros, como o caso dos dias 26 a 27 de junho de 2015 também persistiram, associados ao inverno que mais apresentou predomínio de extremos de maré baixa em maior tempo de persistência e com os valores mais extremos da série. (Figura 5B). Os valores mais baixos de nível do mar ocorreram com mais frequência durante o período da manhã e tarde (12 e 18 UTC) com valores entre - 0.22 m e - 0.23 m (Tabela 1), visto que as horas locais entre 5-11 da manhã representam 12 UTC e 13-17 da tarde, 18 UTC. Períodos que normalmente, devido a rotação da Terra e atração gravitacional com o sistema Lua-Sol, já ocorrem a diminuição do nível do mar, no entanto forçados por movimentos da interação oceano-atmosfera.

Através da técnica de composição de média das variáveis atmosféricas relativas aos a quatro e dois dias antes e aos dias dos eventos, foi possível visualizar e caracterizar circulações sobre o Oceano Atlântico Sul que tiveram influência na costa Sudeste do Brasil. Foi visto que a ondulação atmosférica do centro de alta pressão (crista) para baixa (cavado) provocou o deslocamento dos sistemas atmosféricos, principalmente, o deslocamento do anticiclone transiente posicionado próximo à costa, o que favoreceu a atuação do escoamento de vento na região de Cananéia durante os dias que

antecederam até os dias que ocorreram os extremos de maré baixa. Dado que os eventos ocorreram devido esse escoamento paralelo a costa e a fricção com o fluido oceânico superficial, deslocado pela força de Coriolis e Ekman para regiões afastadas da costa e podendo ser representado pelo esfriamento a superfície do mar na região de estudo. (Figuras 6,7 e 8, respectivamente)

Além dos objetivos de identificação e caracterização das variáveis físicas que influenciaram os casos de extrema maré baixa, o estudo identificou uma relação entre a persistência dos níveis de maré baixa com a abundancia dos mexilhões da espécie *Perna Perna* no costão do Marujá em Cananéia. E descobriu uma relação entre as variações do nível do mar e Captura por Unidade de Esforço (kg/h) ou CPUE, em análises de anomalias diárias e mensais das variáveis no período em estudo.

Nas análises diárias, apenas quando havia maré baixa (dias e horas), os maiores valores de CPUE ocorreram próximos e nos dias de extremos de maré baixa, mostrando que o efeito das marés mais baixas permitiu maior disponibilidade e melhor rendimento na operação de extração dos mexilhões (Figura 9). As análises mensais também mostraram um comportamento parecido da CPUE, principalmente entre os meses de janeiro a maio de 2014, mas em geral todos os meses apresentaram essa relação, que foi sustentada pela correlação negativa em 11%, significando a parcela de influência do nível do mar sobre a CPUE, e a abundancia dos organismos. Uma comparação entre os períodos de JJA dos anos de 2014-2016, também a apresentou a mesma correlação entre as variáveis, mas em 28%, pois foi observado maior relação e calculado com um conjunto de dados foi menor. O ano que melhor indicou a relação, sem tanta discrepância de valores entre as variáveis, foi 2014, seguido de 2015 e 2016, porém, em 2016 sugere a correlação negativa com valores mais baixos de CPUE quanto ao aumento e persistência do nível do mar alto.

Seriam necessários outros estudos no local de estudo, relacionados as séries temporais da variação do nível do mar e estudos do ambiente físico e biológico do costão rochoso envolvendo o mexilhão *Perna Perna* para explicar melhor essa tendência e investigar as outras variáveis que o influenciam. Para daí, investigar como essas variáveis podem influenciar a atividade econômica envolvendo o extrativismo dos mexilhões no costão do Marujá. Em vista disso, etapas futuras serão realizadas para

investigar associações entre a persistência de maré baixa e a exposição dos mexilhões *Perna Perna* a outras variantes físicas e relaciona-las a abundância desses mexilhões do costão do Marujá, já que o extrativismo do mexilhão é uma das principais fontes de renda para comunidade do Marujá.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem pelo apoio financeiro da Iniciação Científica do Projeto Universal (Proc. CNPq 426221/2016-8). Ao UHSLC, GMAO/NASA e Instituto de Pesca/SP pelos dados disponibilizados, aos desenvolvedores dos softwares CDO, RStudio e GrADS e ao Prof. Dr. Ricardo de Camargo do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo pelos comentários iniciais.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, R.O.; H.A. ANDRADE, 1998. Uma metodologia para a estimativa da captura por área de pesca a partir de dados pouco informativos: o caso da pescaria do bonito-listrado (*Katswonus pelamis*) na costa do Brasil. *Notas Técnicas da FACIMAR*, 2:61-69.

CAMPOS, Ricardo Martins; CAMARGO, Ricardo De; HARARI, Joseph. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 175-184, jun. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000200003>.

CARVALHAL, F. & BERCHEZ, F. A. S. Costão Rochoso, a diversidade em microescala. Textos Educacionais, EDUSP. 2009. Disponível em: [http://www.ib.usp.br/ecosteiros/textos\\_educ/costao/index2.htm](http://www.ib.usp.br/ecosteiros/textos_educ/costao/index2.htm). Acessado em: 11 nov. 2019.

CHORLEY, Richard; BARRY, Roger Graham. Atmosfera, tempo e clima: subtítulo do livro. Brasil: Bookman, 2012. 9 ed. 528 p.

CLAYSON, Carol Anne, BROWN, Jeremiah; and NOAA CDR Program (2016). NOAA Climate

Data Record (CDR) of Sea Surface Temperature - WHOI, Version 2. [indicate subset used]. NOAA National Climatic Data Center. doi:10.7289/V5FB510W [access date].

DEGOLA, T. S. D. Impactos e variabilidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros. **Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo**, p. 91, 2013.

DEGOLA, Thiago Souza Dias; AMBRIZZI, Tércio; REBOITA, Michelle Simões. Climatologia da posição do anticiclone subtropical do Atlântico Sul. **XVII CBMet: Incertezas e desafios para a sustentabilidade planetária: o papel da ciência meteorológica**, 2012.

DUCHON, C. E. (1979) Lanczos Filtering in One and Two Dimensions. *Journal of Applied Meteorology*, Vol 18, pp 1016-1022.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). 2009.

FREITAS, S. T. Anomalocardia brasiliensis Gmelin, 1791 (Mollusca Bivalvia): rendimento, composição química e dados etnobiológicos das marisqueiras de Barra Grande, Cajueiro da Praia, Piauí [dissertação]. **Teresina (PI): Universidade Federal do Piauí**, 2011.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia – Tradução da 7ª edição norte-americana**, 2. ed., São Paulo, SP: Cengage Learning, 480 p., 2016.

HANS, Ricardo. Sazonalidade da produção de sementes do mexilhão Perna perna (L.) em costões rochosos da Baía de Santos, São paulo, Brasil. Instituto de pesca, São Paulo, p. 1-64, jun./nov. 2009. Disponível em: < [ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/Ricardo\\_Hans2010\\_old.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/Ricardo_Hans2010_old.pdf) >. Acesso em: 30 nov. 2017.

HENRIQUE, Marcelo Barbosa. Resistência do mexilhão Perna perna (Linnaeus, 1758) proveniente de bancos naturais da Baixada Santista, a variações de temperatura, salinidade, tempo de exposição ao ar e determinação da incidência de parasitismo. 2004

HENRIQUES, Marcelo Barbosa; MACHADO, Ingrid Cabral; CAMPOLIM, Marcos Bühner. Ordenamento da mitilicultura de pequena escala na comunidade tradicional do Pontal de Leste,

Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, p. 137-146, 2018.

IBAMA, 2006 INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 105, de 20 de julho de 2006. Estabelece regras de ordenamento pesqueiro para a extração de mexilhões Perna perna de estoques naturais e os procedimentos para instalação de empreendimentos de malacocultura em Águas de Domínio da União no Litoral Sudeste-Sul do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de julho de 2006, Seção 1, p.69.

LEVINTON, J.S. 2001. Marine biology - function, biodiversity and ecology. Oxford : University Press Inc., 420p.

LISITZIN, E. Sea Level Changes, **Elsevier Scientific Publishing Co.**, New York, 1974.

MILANELLI, Joao Carlos Carvalho. **Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião-São Paulo**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORENO, Tatiane Regina; DA ROCHA, Rosana Moreira. Ecologia de costões rochosos. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83, 2012.

OLIVEIRA, Flavio Natal Mendes de. **Climatologia de Bloqueios Atmosféricos no Hemisfério Sul: observações, simulações do clima do século XX e cenários futuros de mudanças climáticas**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEZZI, L. P.; DE SOUZA, R. B.; QUADRO, M. F. L. Uma revisão dos processos de interação oceano-atmosfera em regiões de intenso gradiente termal do oceano atlântico sul baseada em dados observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 428-453, 2016.

PUGH, D. T., **Tides, Surges and Mean Sea Level**. Great Britain: John Wiley & Sons, 1987, 472 p.

SCHRAMM, M.A.. Caracterização e aproveitamento de mexilhões Perna perna (Linné, 1758) Rio Grande, Monografia (Conclusão de Curso de Oceanografia) – Área de Recursos Naturais Renováveis, Universidade Federal do Rio Grande, RS, (1993), 54 p.

Secretária de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Defeso do Mexilhão tem Início em Setembro.**

Notícias — Destaques. Disponível em

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2016/09/defeso-do-mexilhao-tem-inicio-em-setembro/>. Acessado em: 08nov2019.

SILVA, Jéssica de Lima. Os desdobramentos e conflitos da criação do Parque Estadual Ilha do Cardoso sob a ótica do modelo GTP (Geossistema–Território-Paisagem). 2014.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The Response of the South Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts, **Journal of Geophysical Research**, v. 97, NO. C6, p.9507-9520, 1992.

SUGUIO, Kenitiro et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-286, 2018.

SUGUIO, Kenitiro; MARTIN, Louis. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense= quaternary marine formations of the state of Sao Paulo and Southern Rio de Janeiro. 1978.

TRUCCOLO, E.C. et al. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul-SC**. 1998. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

VALERIO, Liziara de Mello. Previsão do Nível do Mar por Redes Neurais Artificiais: Um Estudo de Caso para o Litoral Norte de São Paulo. 2016.

YNOUE, Rita Yuri; AMBRIZZI, Tércio; REBOITA, Michelle S.; SILVA, Gyrlene A. M.

da.. **Meteorologia: noções básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, 184p. ISBN: 978-85-7975-263-6, eISBN: 978-85-7975-264-3